

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-178168

(43)Date of publication of application : 25.06.2002

(51)Int.Cl.

B23K 20/12

(21)Application number : 2000-378973

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 13.12.2000

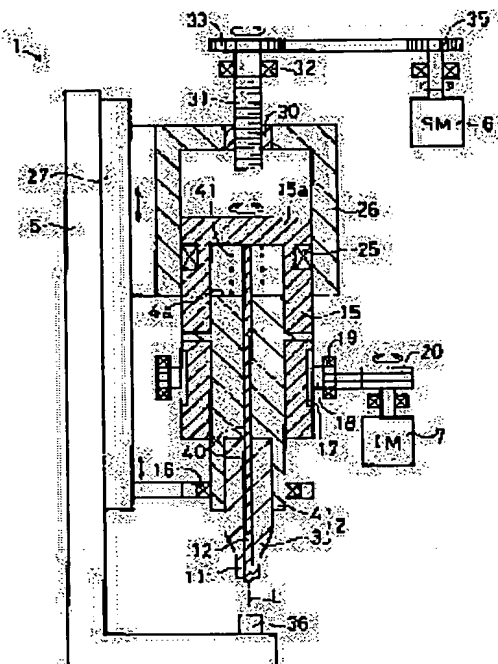
(72)Inventor : DOI KOJI

## (54) FRICTION STIRRING WELDING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a friction stirring welding device capable of performing the joining without forming any large cavity by a pin.

**SOLUTION:** A rotor 2 is rotated by an induction motor 7, and driven linearly by a servo motor along the axis L of rotation. A pin insertion hole 40 is formed in the rotor 2 along the axis L of rotation, a pin 12 is passed through the pin insertion hole 40, and the tip of the pin 12 is protruded from a shoulder part 11 at the tip of the rotor. The rotor 2 is movably inserted in a holder 15. The rotor 2 is elevated relative to the holder 15, and the pin 12 is protruded from the tip of the shoulder part 11. The rotor 12 is relatively lowered, and the pin 12 is retracted into the shoulder part 11. The pin 12 is fixed/moved by inverting the rotating direction of the rotor 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3471313

[Date of registration] 12.09.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-178168

(P2002-178168A)

(43)公開日 平成14年6月25日(2002.6.25)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 20/12

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 20/12

ターム(参考)

3 1 0 4 E 0 6 7

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-378973(P2000-378973)

(22)出願日 平成12年12月13日(2000.12.13)

(71)出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72)発明者 土肥 幸治

兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社明石工場内

(74)代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎 (外3名)

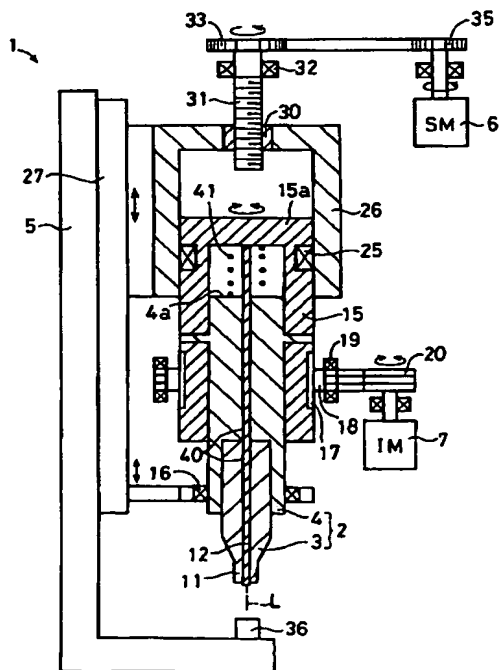
Fターム(参考) 4E067 BG00 CA01

(54)【発明の名称】 摩擦撚拌接合装置

(57)【要約】

【課題】 ピンによる大きな空洞を形成させずに接合することができる摩擦撚拌接合装置を提供する。

【解決手段】 回転子2は、インダクションモータ7によって回転され、サーボモータ6によって回転軸線Lに沿って直進駆動される。回転子2には、回転軸線Lに沿ってピン挿通孔40が形成され、このピン挿通孔40にピン12が挿通され、回転子先端のショルダー部11からピン12の先端が突出する。回転子2は、ホルダ15に移動可能に挿入される。回転子2がホルダ15に対して相対的に上昇することによって、ショルダー部11先端からピン12が突出し、回転子12が相対的に下降することによって、ピン12がショルダー部11に引込む。このピン12の固定/可動の切り替えは、回転子2の回転方向を逆転することによって行なわれる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 高速回転する回転子を回転軸線方向に移動させ、回転子先端部を被接合物に押圧し、回転子先端部と前記被接合物との接触部を、回転による摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物を接合する摩擦攪拌接合装置において、前記回転子は、回転子に挿通され、回転軸線方向に変位可能に設けられるピンを有し、被接合物をスポット接合することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項 2】 前記ピンを、回転子先端から突出させた状態で接合し、その後、ピンを変位させた後、再接合することを特徴とする請求項 1 記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 3】 再接合時に、ピンを変位させた後、ピン固定状態に切り替えることを特徴とする請求項 2 記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 4】 回転子先端に、円筒状のリング部が形成され、前記ピンは、リング部に変位可能に挿入される内軸であることを特徴とする請求項 1 記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 5】 高速回転する回転子を回転軸線方向に移動させ、回転子先端部を被接合物に押圧し、回転子先端部と前記被接合物との接触部を、回転による摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物を接合する摩擦攪拌接合装置において、前記回転子は、回転子に挿入され、回転軸線方向に変位可能に設けられるピンを有し、前記ピンを回転子先端から突出させた状態で被接合物を連続接合し、接合終了点で、ピンを変位させて再接合することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項 6】 再接合時に、ピンを変位させた後、ピン固定状態に切り替えることを特徴とする請求項 5 記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 7】 前記再接合時は、ピン先端を、回転子先端の平坦面まで変位させ、この平坦面で接合することを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 つに記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項 8】 回転子の回転方向を切り替えることで、前記ピンの固定状態と可動状態とが切り替わることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の摩擦攪拌接合装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、回転による摩擦熱で被接合物を軟化、攪拌して接合する摩擦攪拌接合装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 摩擦攪拌接合では、先端にピンを有する回転子を高速で回転させながら、ピンをワークに挿入し、摩擦熱でワークを軟化、攪拌して接合する。従来の摩擦攪拌接合、特にスポット接合において、回転子を引

き上げて、埋入していたピンを抜き出すと、該接合部位には、ピンに対応した空洞が生じる。

【0003】 このように空洞部が形成されると、この空洞部分に応力が集中し、接合強度が低下する。特に、疲労破壊が生じやすい。また、外観も悪化し、美観上好ましくなく、汚れも入る。このように、用途面で様々な支障を来し、製品品質上問題となっていた。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】 この空洞をなくすために、たとえば、特開平 11-156561 号公報には、孔埋め材を埋入する方法が開示されているが、この場合、埋入自体が困難である上に、多点について行なうことはさらに困難である。

【0005】 また、特開平 10-193140 号公報には、ピンを可動とし、連続接合において、移動させながら徐々にピンを引き抜くことによって、空洞を形成させない方法が開示されているが、スポット接合において空洞を埋める方法に関しては記載されておらず、また、スポット接合に単純に適用することもできない。

【0006】 また、この方法では、ばね力を用いてショルダー部を押圧しており、徐々にピンを引き抜き、連続接合の接合終点では、押圧力が発生しないこととなり、接合終了点での接合品質が低下するといった問題を有する。

【0007】 本発明の目的は、ピンによる大きな空洞を形成させずに接合することができる摩擦攪拌接合装置を提供することである。

**【0008】**

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の本発明は、高速回転する回転子を回転軸線方向に移動させ、回転子先端部を被接合物に押圧し、回転子先端部と前記被接合物との接触部を、回転による摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物を接合する摩擦攪拌接合装置において、前記回転子は、回転子に挿通され、回転軸線方向に変位可能に設けられるピンを有し、被接合物をスポット接合することを特徴とする摩擦攪拌接合装置である。

【0009】 本発明に従えば、ピンが可動に設けられるので、スポット接合終了時に、ピンを退避させることで、大きな空洞を形成させずに、スポット接合することが可能である。

【0010】 請求項 2 記載の本発明は、前記ピンを、回転子先端から突出させた状態で接合し、その後、ピンを変位させた後、再接合することを特徴とする。

【0011】 本発明に従えば、ピンを退避させて再接合するので、接合終了時にも押圧力を与えて接合することができ、接合品質を向上することができる。

【0012】 請求項 3 記載の本発明は、再接合時に、ピンを変位させた後、ピン固定状態に切り替えることを特徴とする。

【0013】 本発明に従えば、再接合時にピンを退避さ

せ、固定状態に切り替えることで、大きな空洞を形成せずに再接合することができる。

【0014】請求項4記載の本発明は、回転子先端に、円筒状のリング部が形成され、前記ピンは、リング部に変位可能に挿入される内軸であることを特徴とする。

【0015】本発明に従えば、ピンを円筒状とすることで、ピンの被接合物への接触面積を増大させ、摩擦熱を効率良く発生させることが可能となり、接合効率が向上する。

【0016】請求項5記載の本発明は、高速回転する回転子を回転軸線方向に移動させ、回転子先端部を被接合物に押圧し、回転子先端部と前記被接合物との接触部を、回転による摩擦熱で軟化させ、攪拌して被接合物を接合する摩擦攪拌接合装置において、前記回転子は、回転子に挿入され、回転軸線方向に変位可能に設けられるピンを有し、前記ピンを回転子先端から突出させた状態で被接合物を連続接合し、接合終了点で、ピンを変位させて再接合することを特徴とする摩擦攪拌接合装置である。

【0017】本発明に従えば、連続接合において、接合終了点でピンを変位させて再接合するので、接合終了点においても押圧して接合することができ、従来技術のように、接合終了点で接合品質が低下するといったことが防がれる。

【0018】請求項6記載の本発明は、再接合時に、ピンを変位させた後、ピン固定状態に切り替えることを特徴とする。

【0019】本発明に従えば、連続接合において、接合終了点でピンを退避させ、固定状態に切り替えることで、接合終了点に大きな空洞を形成せずに再接合することができる。

【0020】請求項7記載の本発明は、前記再接合時は、ピン先端を、回転子先端の平坦面まで変位させ、この平坦面で接合することを特徴とする。

【0021】本発明に従えば、ピンを平坦面まで変位させ、この平坦面で接合することで、大きな空洞を形成することなく接合することができる。

【0022】請求項8記載の本発明は、回転子の回転方向を切り替えることで、前記ピンの固定状態と可動状態とが切り替わることを特徴とする。

【0023】本発明に従えば、回転方向を切り替えることで、ピンの固定状態と可動状態を切り替えることができ、制御が容易である。

【0024】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態である摩擦攪拌接合装置1の構造を示す断面図である。本実施形態の摩擦攪拌接合装置1は、たとえば6軸垂直多関節型ロボットの手首に装着してスポット接合ガンとして用いられる。

【0025】摩擦攪拌接合装置1は、ガンアーム5に、

回転子2が回転軸線Lまわりに回転可能に、かつ回転軸線Lにそって直進移動可能に支持される。また、ガンアーム5には、回転駆動源であるサーボモータ6および直進駆動源であるインダクションモータ7が固定的に取り付けられる。なお、この直進駆動源は、サーボモータであってもよい。

【0026】回転子2は、回転子本体3と回転子保持部材4とからなる。回転子本体3は、回転子保持部材4の下端部に回転軸線Lを同軸として装着されて固定される。回転子本体3は、先端が先細となり、先端に円柱状のショルダー部11が形成される。回転子2には、回転軸線Lに沿ってピン12が挿入され、前記ショルダー部11の中心から、円柱状のピン12が、出沒可能に設けられる。ガンアーム5は、L字状に屈曲し、屈曲した先端部に、回転子先端に対向配置される受け部36が設けられる。

【0027】回転子保持部材4は、有底円筒状のホルダ15に、挿入され、回転軸線L方向に直進移動可能に保持される。このホルダ15の外周部から、インダクションモータ7から回転力が伝達される。さらに詳しくは、ホルダ15の外周にスプライン17が形成され、このスプライン17が嵌りこむスプライン受け18が、ガンアーム5に固定支持される軸受け19によって回転自在に支持される。ガンアーム5に固定支持されるインダクションモータ7の出力軸にはベルト車20が固定され、前記スプライン受け18も外周にベルト車が形成され、このベルト車からベルト車20にわたってVベルト21が巻き掛けられる。このような構成により、インダクションモータ7を回転駆動させることによって、回転子2を回転軸線Lまわりに回転駆動させることができる。また、スプライン17を介して回転力が伝達されることにより、回転軸線L方向の回転子2の直進移動が許容される。

【0028】回転子2の直進駆動力は、ホルダ15の上端部から与えられる。詳しく説明すると、ホルダ15の上端部には、軸受け25を介して、回転軸線Lまわりに回転可能に、かつ回転軸線L方向への変位が阻止されて連結部材26がホルダ15に連結される。ガンアーム5には、回転軸線Lに平行にリニアガイド27が固定されており、このリニアガイド27によって、前記連結部材26が回転軸線L方向に直進移動可能にガンアーム5に支持される。また、回転子保持部材4の下部を、回転軸線Lまわりに回転自在に保持する軸受け16も、前記リニアガイド27によって、回転軸線Lに平行に直進移動可能に支持される。

【0029】連結部材26の上端には、回転軸線Lを中心とするナット30が、連結部材26に固定される。このナット30には、ネジ軸31が螺合し、このネジ軸31はガンアーム5に固定支持される軸受け32によって、軸線Lまわりに回転自在に支持される。ネジ軸3

1の上端部には有歯ベルト車33が固定され、ガンアーム5に固定支持されるサーボモータ6の出力軸にも有歯ベルト車35が固定される。これらのベルト車33、35間にわたってタイミングベルト34が巻き掛けられる。したがって、サーボモータ6を回転させることで、ネジ軸31を軸線Lまわりに回転させ、これによって、回転子2を回転軸線Lに沿って直進移動させることができる。また、連結部材26とホルダ15とは軸受け25を介して連結されるので、回転子2を高速で回転させながら回転軸線L方向に直進移動させることができる。また、サーボモータ6の回転方向を変えることで、移動方向を切り替えることができる。

【0030】回転子本体3および回転子保持部材4には、回転軸線Lに沿ってピン挿通孔40が貫通し、このピン挿通孔40にピン12が挿通される。ピン12の上端部は、ホルダ15の天壁15aに固定される。ピン12の先端は、ショルダー部11の中央部から突出している。

【0031】回転子保持部材4は、ホルダ15に挿入され、上端面4aと、ホルダ15の天壁15aとの間には、ばね41が介在される。このばね41によって、回転子保持部材4は、軸線Lに沿って下方（ホルダ15の天壁15aから離反する側）にばね付勢される。

【0032】また、ホルダ15と回転子保持部材4とは、移動可能状態および固定状態の2つの状態に切替機構42によって切り替えられ、移動可能状態にあるときには、回転子保持部材4が、ホルダ15に対して回転軸線L方向に移動可能にあり、固定状態にあるときには、回転軸線L方向への移動が固定されている。

【0033】図2は、切替機構42を示す正面図である。切替機構42は、ホルダ15に形成されるL字状の切欠き43と、回転子保持部材4から半径方向外方に突出し、切欠き43に嵌りこむ係止凸部44とから構成され、切欠き43は、回転軸線Lを中心として周方向に延びる横切欠き部45と、回転軸線Lに平行に上下方向に延びる縦切欠き部46とから構成され、この切欠き43に沿って係止凸部44は移動することができる。係止凸部44が縦切欠き部46にあるときは、回転子保持部材4が回転軸線Lに沿って移動可能状態にあり、横切欠き部45にあるときには、回転子保持部材4の回転軸線L方向の移動が阻止され、固定状態となる。このような切替機構42は、回転軸線Lを挟んで両側に2箇所形成される。

【0034】つぎに、図3に示す切替機構42および図4に示すタイムチャートを参照して、摩擦撓接合装置1の接合方法について説明する。ここでは、スポット接合の場合について説明する。したがって、2枚のワークは水平に重畳配置されており、まず、ワークの接合点が、摩擦撓接合装置1（スポット接合ガン）の受け部36上に配置されるようにロボットによって位置決めを

行なう。

【0035】（1）初期状態では、回転子2は、ワークから所定距離、上方に離反した原点にあるものとする。また切替機構42は、図3（1）に示す位置、つまり係止凸部44が、横切欠き部45の端部Aにあるものとする。このとき、回転子先端のショルダー部11からはピン12は突出せず、ショルダー部11の下端面が平坦となっている。

【0036】（2）直進駆動源であるサーボモータ6を駆動させる。すると連結部材26を介してホルダ15および回転子2がスライドして下降する。

【0037】（3）回転駆動源であるインダクションモータ7によってホルダ15を正転、つまり図3（2）で+方向に回転させる。

【0038】（4）ホルダ15を+方向に回転させると、係止凸部44が切欠き43で、Aの位置からBの位置に移動する。つまり、縦切欠き部46に移動し、回転子保持部材4は、ホルダ15に対して回転軸線L方向に直進移動可能状態となる。なお、この段階で回転を開始する場合に限らず、連続して接合する場合には、前回の接合終了での正転を維持している。この状態で、回転子2はさらに下降と続ける。

【0039】（5）回転子先端、つまりショルダー部11の下端面がワークに当接する。ここでは、切替機構42は、（4）で係止凸部44がB位置に移動した場合を想定しているが、（4）でBまで移動しなかった場合には、ショルダー部11がワークに当接したとき、ワークとショルダー部11との摩擦力で、回転子保持部材4は、ホルダ15に対して相対的に一方向に移動しようとする。ホルダ15と回転子保持部材4との間にも摩擦力が生じるが、ワークとショルダー部11との摩擦力の方が大きくなるように設定することによって、回転子保持部材4が一方向に回転し、係止凸部44がB位置に係止され、切替機構42は、確実に移動可能状態に切り替わる。

【0040】（6）サーボモータ6でホルダ15をさらに下降させて押圧すると、切替機構42が移動可能状態にあるので、ばね41が圧縮されて回転子保持部材4がホルダ15に対して相対的に上方に移動し、これによって、ショルダー部11先端からピン12が突出し始める。このようにして、所定押圧力に達するまで押圧する。このようにして、ショルダー部11の摩擦熱によって、ワークの接合点が軟化し、押し出されるピン12がワークに挿入される。これとともに、ショルダー部11およびピン12が高速で回転することによって、母材が撓接され塑性流動が生じる。なお、押圧力は、サーボモータ6の電流値によって判断する。

【0041】（7）所定押圧力に達すると、この押圧力で、所定時間押圧する。これによってさらにワークが撓接され、2枚のワークが接合点で一体となる。このと

き、コイルばね 41 は、隙間がなくなるまで縮んでも良く、縮むのに余裕があってもよい。また、切替機構 42 は、係止凸部 44 が縦切欠き部 46 の上端である位置 C に達していてもよく、余裕があってもよい。

【0042】(8) 所定時間経過すると、サーボモータ 6 を逆転させてホルダ 15 を上昇させる。すると、ばね 41 の作用によって、ショルダー部 11 の先端がワーク当接を維持した状態で、ピン 12 のみが上昇し、ピン 12 がショルダー部 11 に引き込まれる。このとき、軟化した母材がピン 12 の引き込まれた後に入り、空洞がふさがれる。このようにして、係止凸部 44 が B 位置に係止されるまでホルダ 15 を引き上げ停止させる。このとき、ショルダー部 11 の先端がワークに当接して摩擦がわずかにある状態が好ましい。

【0043】(9) ここで、回転駆動源であるインダクションモータ 7 を逆転し、ホルダ 15 を一方向に回転させる。このとき、ワークと回転子先端との摩擦力が、回転子保持部材 4 とホルダ 15 との摩擦力より大きくなるように設定することで、ホルダ 15 が回転子保持部材 4 に対して相対的に一方向に回転する。このようにして、係止凸部 44 が A 位置まで移動し、切替機構 42 は、固定状態に切り替わる。なお、回転駆動源は本実施形態ではインダクションモータとしたが、サーボモータとすることで、逆転を短時間で行なうことができる。

【0044】(10) そして、この状態でサーボモータ 6 を逆転させ、再度押圧する。このときは、ピン 12 は引込んだ状態であるので、ショルダー部 11 の先端が平坦な状態で押圧することになる。このようにして、所定押圧力で所定時間押圧する。これによって、空洞がさらに塞がれる。また、このとき切替機構 42 は固定状態になっており、サーボモータ 6 からの押圧力が直接作用し、ばね 41 のばね力は介在しない。

【0045】(11) 押圧終了後、サーボモータ 6 を逆転し、ホルダ 15 および回転子 2 を上昇させる。

【0046】(12) 回転子 2 がワークから離れた後、インダクションモータ 7 を正転(＋方向)に戻す。

【0047】このようにして、スポット接合が終了する。続けてスポット接合を行なうときは、ロボットで次の接合点に接合装置 1 を位置決めし、再び(1)からの作業を順に行なう。

【0048】図 5 は、従来のスポット接合での接合終了後のワーク断面(A)と、本発明の接合終了後のワーク断面を示す図(B)である。(A)の P1 に示すように、従来ではピンによる空洞が大きく形成されていたが、本発明ではピンをショルダー部 11 に引込めた状態で再接合するので、(B)の P2 に示すように、空洞を従来にくらべて小さくすることができる。また、ショルダー部 11 は、(B)に示すように、中央が凹となり、外周が突出するように形成されている。これによって、前述の工程(8)で、ショルダー部 11 の先端のみワーク

に当接させることができる。

【0049】また、本実施形態ではスポット接合の場合について説明したが、摩擦撚拌接合装置 1 は、連続接合の場合にも適用することができる。この場合には、前述した工程(7)の押圧において、ロボットで接合装置 1 を、ワークに設定される接合線に沿って移動させる。これによって連続接合が行なわれる。この場合においても、接合終了点において、再接合することで、接合終了点に形成される空洞を小さくすることができる。

【0050】図 6 は、本発明の他の実施形態である摩擦撚拌接合装置 50 の構造を示す図である。本実施形態の摩擦撚拌接合装置 50 は、前述した摩擦撚拌接合装置 1 とほぼ同様の構造を有するので、対応する構造には同一の参照符号を付し説明を省略する。

【0051】摩擦撚拌接合装置 1 の回転子保持部材 4 に相当する部材は、本実施形態では、ホルダ 53 と一体となっており、このホルダ 53 の外周からインダクションモータ 7 の回転力が伝達される。また、このホルダ 53 の下端部に回転子 54 が装着される。

【0052】本実施形態の最大の特徴は、円柱状のピンでなく、筒状のリング型ピンを用いることである。したがって、回転子 54 のショルダー部 11 の先端には、円筒状のリング部 51 が、回転軸線 L を中心として突出する。この円筒状のリング部 51 の内径に相当する外径を有する内軸 52 が、リング部 51 に移動可能に挿入されている。

【0053】回転子 54 およびホルダ 53 には、回転軸線 L に沿ってピン挿通孔 55 が形成され、このピン挿通孔 55 に内軸 52 が挿入される。ホルダ 53 には、上部に円柱状の空間 56 が形成されており、この空間に円柱体 57 が軸線 L に移動可能に嵌りこむ。この円柱体 57 の下端に前記内軸 52 が固定され、円柱体 57 と内軸 52 とは一体となって移動する。また、円柱体 57 とホルダ 53 の天壁 53a との間にばね 41 が介在される。

【0054】摩擦撚拌接合装置 1 と同様に、ホルダ 53 の外周部には、切替機構 42 が設けられる。この切替機構 42 も前述と同様に、ホルダ 53 に形成される L 字状の切欠き 43 と、切欠き 43 に嵌り込む係止凸部 44 とから構成され、係止凸部 44 は、本実施形態では円柱体 57 に形成される。

【0055】切替機構 42 が固定状態にあるとき、内軸 52 の先端がリング部 51 の先端と面一となって平坦となり、切替機構 42 が移動可能状態となって内軸 52 が上方に移動すると、リング型ピンとなる。

【0056】このような摩擦撚拌接合装置 50 も、前述した摩擦撚拌接合装置 1 と同様に動作させてスポット接合を行なうことができるので、前述した図 4 のタイムチャートを参照して、摩擦撚拌接合装置 50 の制御動作について以下に説明する。

【0057】(1) 初期状態では、切替機構 42 は、固

定状態にあるものとする。このとき、内軸 5 2 の先端は、リング部 5 1 と面一となっている。

【0058】(2) つぎに、直進駆動源であるサーボモータ 6 を駆動させる。するとホルダ 5 3 および回転子 5 4 がスライドして下降する。このとき、回転子 5 4 と内軸 5 2 とが一体となって下降する。

【0059】(3) つぎに回転駆動源であるインダクションモータ 7 によってホルダ 5 3 を正転、つまり図 3 (2) で + 方向に回転させる。

【0060】(4) すると、円柱体 5 7 に対して相対的にホルダ 5 3 が + 方向に回転し、係止凸部 4 4 が移動して B 位置に係止され、切替機構 4 2 は、移動可能状態となる。また、内軸 5 2 と回転子 5 4 とは一体となって回転する。この状態で、回転子 5 4 はさらに下降を続ける。

【0061】(5) 回転子先端、つまりリング部 5 1 と内軸 5 2 先端とがワークに当接する。そして、内軸 5 2 とワークとの間に摩擦力が生じる。すると、ホルダ 5 3 と円柱体 5 7 との摩擦力和、ワークと内軸 5 2 との摩擦力和を比較して、後者の方が大きくなるように設定されるので、内軸 5 2 の方は止まろうとする力に対して、ホルダ 5 3 が + 方向に回転するので、(4) で係止凸部 4 4 が B 位置に達していない場合であっても、係止凸部 4 4 が確実に B 位置まで移動し、移動可能状態に切り替わる。

【0062】(6) サーボモータ 6 でホルダ 5 3 をさらに下降させて押圧すると、切替機構 4 2 が移動可能状態にあるので、ばね 4 1 が圧縮されて内軸 5 2 がリング部 5 1 に対して相対的に引込んでいく。このとき、係止凸部 4 2 は上方に移動する。このようにして、所定押圧力に達するまで押圧する。

【0063】(7) 所定押圧力に達すると、この押圧力で、所定時間押圧する。なお、押圧力は、サーボモータ 6 の電流値によって判断する。このとき、コイルばね 4 1 は、隙間がなくなるまで縮んでも良く、縮むのに余裕があってもよい。また、切替機構 4 2 は、係止凸部 4 4 が縦切欠き部 4 6 の上端である位置 C に達していてもよく、余裕があってもよい。

【0064】(8) 所定時間経過すると、サーボモータ 6 を逆転させてホルダ 5 3 を上昇させる。すると、ばね 4 1 の作用によって、内軸 5 2 の先端がワーク当接を維持した状態で、回転子 5 4 のみが増し、内軸 5 2 がリング部 5 1 に引き込まれる。このようにして、切替機構 4 2 で、係止凸部 4 4 が下降して B 位置に係止される元の位置までホルダ 5 3 を引き上げる。このとき、ワークと内軸 5 2 先端との間に摩擦がわずかにある状態が好ましい。

【0065】(9) ここで、回転駆動源であるインダクションモータ 7 を逆転し、ホルダ 5 3 を一方向に回転させる。このとき、ワークと内軸 5 2 先端との摩擦力が、

ホルダ 5 3 と円柱体 5 7 との摩擦力より大きくなるように設定することで、ホルダ 5 3 が円柱体 5 7 に対して相対的に一方向に回転する。このようにして、係止凸部 4 4 が A 位置まで移動し、切替機構 4 2 は、固定状態に切り替わる。

【0066】(10) そして、この状態でサーボモータ 6 を逆転させ、再度押圧する。このときは、内軸 5 2 先端とリング部 5 1 先端とは面一となり、平坦な状態で押圧することになる。このようにして、所定押圧力で所定時間押圧する。

【0067】(11) 押圧終了後、サーボモータ 6 を逆転し、ホルダ 5 3 および回転子 5 4 を上昇させる。

【0068】(12) 回転子 5 4 がワークから離れた後、インダクションモータ 7 を正転 (+ 方向) に戻す。

【0069】このようにして、スポット接合が行なわれる。図 7 (A) は、リング型ピンのみを用いた場合の接合後のワークの断面を示す図であり、図 7 (B) は、本発明の摩擦攪拌接合装置 50 を用いた場合の接合後のワーク断面を示す図である。(A) (B) の空洞 P 3、P 4 を比較してわかるように、本発明を用いることで、接合後の空洞の大きさを小さくすることができる。

【0070】また、リング型ピンを用いることで、通常の円柱ピンよりもワークへの接触面積を大きくし、摩擦熱の発生効率および攪拌効率を向上させることができる。

【0071】また、上述した各実施形態では、ピン 1 2 または内軸 5 2 の固定/可動の切替を、回転方向を逆転させることで行なったが、次の方法でもよい。

【0072】(1) ピン 1 2 または内軸 5 2 を駆動するサーボモータを別途設け、このサーボモータの回転を直進運動に変換して、独立して進退駆動させる。

【0073】(2) 機械的な ON/OFF 機構を用いて、ON/OFF 的にピンまたは内軸の固定/可動を切り替える。

【0074】(3) モータ 7 の回転を別途電磁クラッチにより適宜 ON/OFF し、回転力を直進運動に変換して、ピン 1 2 または内軸 5 2 の固定/可動を切り替える。

【0075】また、上述した実施形態では、(1) ~ (12) の各工程において、本実施形態では回転子の回転速度を一定、たとえば 2000 rpm としたが、適宜変更するようにしてもよい。

【0076】たとえば

- (1) ~ (5) 500 rpm
- (6) 1000 rpm
- (7) 2000 rpm
- (8) 1000 rpm
- (9) -800 rpm
- (10) -1600 rpm
- (11) -500 rpm



(12) 500 rpm

このように回転速度を変更することによって、さらに接合品質を向上させることができる。

【0077】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、ピンが可動に設けられるので、スポット接合終了時に、ピンを退避させることで、大きな空洞を形成させずに、スポット接合することが可能である。

【0078】また本発明によれば、ピンを退避させて再接合するので、接合終了時にも押圧力を与えて接合することができ、接合品質を向上させることができる。

【0079】また本発明によれば、再接合時にピンを退避させ、固定状態に切り替えることで、大きな空洞を形成せずに再接合することができる。

【0080】また本発明によれば、ピンを円筒状とすることで、ピンの被接合物への接触面積を増大させ、摩擦熱を効率良く発生させることが可能となり、接合効率が向上する。

【0081】また本発明によれば、連続接合において、接合終了点でピンを変位させて再接合するので、従来技術のように、連続接合の接合終了点で接合品質が低下するといったことが防がれる。

【0082】また本発明によれば、連続接合において、接合終了点でピンを退避させ、固定状態に切り替えることで、接合終了点に大きな空洞を形成せずに再接合することができる。

【0083】また本発明によれば、ピンを平坦面まで変

位させ、この平坦面で接合することで、大きな空洞を形成することなく接合することができる。

【0084】また本発明によれば、回転方向を切り替えることで、ピンの固定状態と可動状態を切り替えることができるので、制御が容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態である摩擦攪拌接合装置1の構造を示す図である。

【図2】切替機構42を示す正面図である。

【図3】接合作業時における切替機構42の状態を示す図である。

【図4】摩擦攪拌接合装置1の接合方法を示すタイムチャートである。

【図5】従来の装置での接合後のワーク断面と本発明を用いたときの接合後のワーク断面を示す図である。

【図6】本発明の他の実施形態であるリング型ピンを用いる摩擦攪拌接合装置50の構造を示す図である。

【図7】リング型ピンを用いた従来装置の接合後のワーク断面と本発明の摩擦攪拌接合装置50を用いた接合後ワーク断面を示す図である。

【符号の説明】

1, 50 摩擦攪拌接合装置

2, 54 回転子

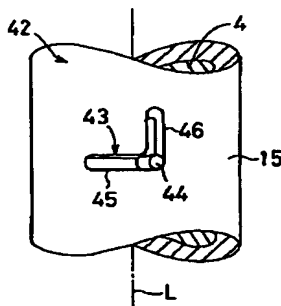
12 ピン

42 切替機構

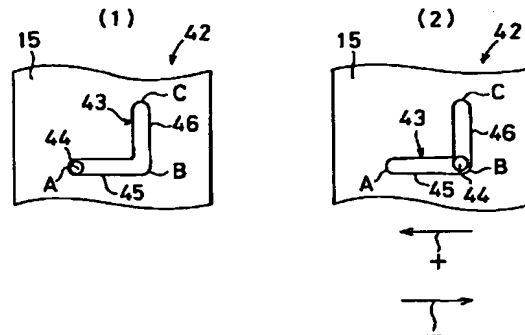
51 リング部

52 内軸

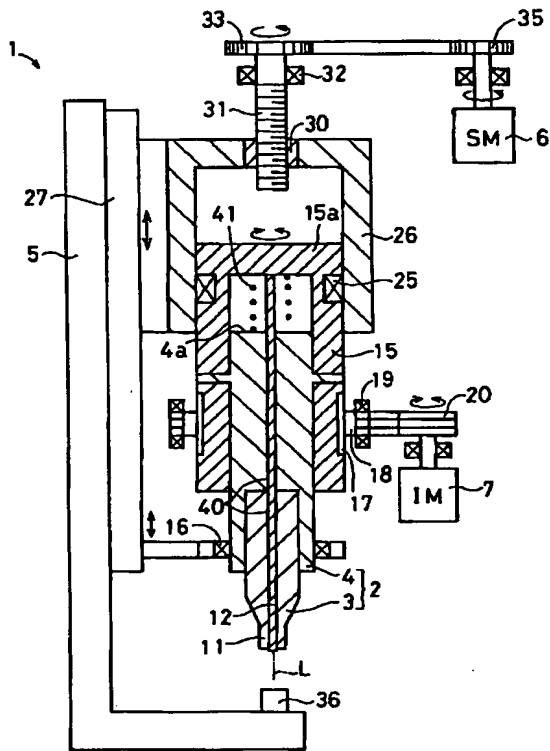
【図2】



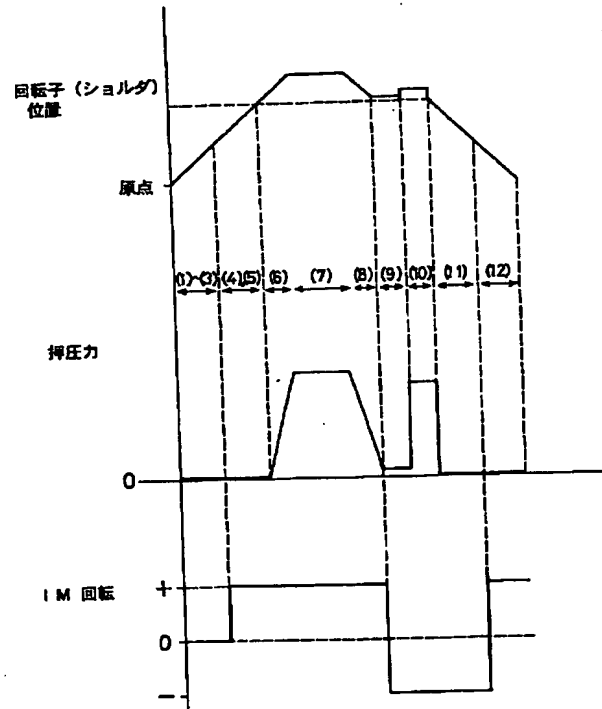
【図3】



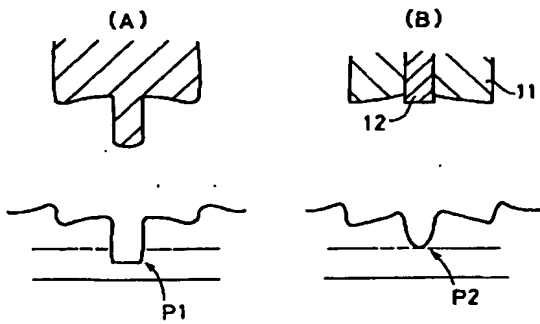
【図 1】



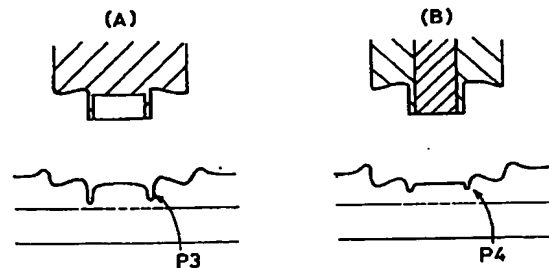
【図 4】



【図 5】



【図 7】



【図 6】

